

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑪ **DE 31 09718 A1**

⑥ Int. Cl. 3:  
**G01 C 19/64**  
H 01 S 3/083

②1 Aktenzeichen:  
②2 Anmeldetag:  
④3 Offenlegungstag:

P 31 09 718.9  
13. 3. 81  
9. 6. 83

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1  
21.03.80 FR 06298-80

⑦2 Erfinder:  
Bernelin, Bernard, 92160 Antony, FR

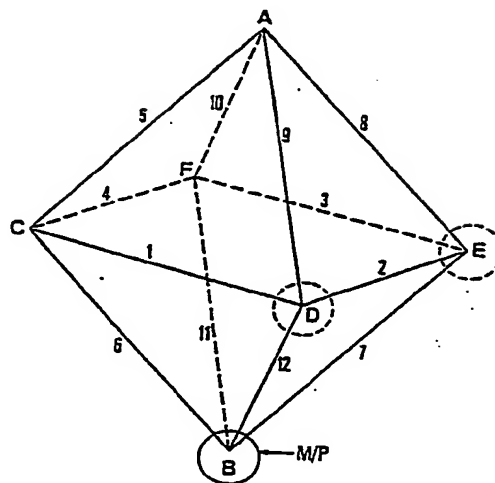
⑦1 Anmelder:  
Société Française d'Equipements pour la Navigation  
Aérienne (S.F.E.N.A.) S.A., 78141 Velizy-Villacoublay,  
Yvelines, FR

*Lehrerbesitz*

Rechercheantrag gem. § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt

⑤4 **Dreiachsiger ringförmiger Laserkreisel**

Die Erfindung betrifft einen kompakten, einstückigen, dreiachsigen ringförmigen Laserkreisel mit drei koplanaren, zueinander orthogonalen quadratischen Lichtwegen, der dadurch gekennzeichnet ist, daß er sechs optische Spiegel enthält, die durch zwölf Kapillarkanäle (1 bis 12) paarweise miteinander verbunden sind, daß die Mittelpunkte der Spiegel ein vorzugsweise regelmäßiges Oktaeder (A, B, C, D, E, F) mit einem Spiegel pro Ecke bilden, und daß jeder der Spiegel gleichzeitig auf zwei zueinander orthogonalen Ringwegen arbeitet. Anwendungsgebiet: Instrumente zur Lenkung von Flugkörpern ohne Plattform. (31 09 718)



3109718

Dipl.-Ing.  
E. Prinz

Dipl.-Chem.  
Dr. G. Hauser

Dipl.-Ing.  
G. Leiser

Ernsbergerstrasse 19

8 München 60

13. März 1981

Société Française d'Équipements  
pour la Navigation Aérienne (S.F.E.N.A.)  
78140 VELIZY VILLACOUBLAY /Frankreich

Unser Zeichen: S 3044

### P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Dreiachsiger ringförmiger Laserkreisel, dadurch gekennzeichnet, daß er sechs optische Spiegel enthält, die paarweise miteinander durch zwölf Kapillarkanäle (1 bis 12) verbunden sind, die in einem einstückigen Materialblock entlang drei zueinander orthogonalen koplanaren quadratischen Lichtwegen ausgebildet sind, daß die Ecken der Spiegel ein regelmäßiges Oktaeder (A, B, C, D, E, F) mit einem Spiegel pro Ecke bilden, und daß jeder Spiegel gleichzeitig auf zwei zueinander orthogonalen Ringwegen arbeitet.
2. Laserkreisel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß drei der sechs Spiegel mit einem Mischprisma ausgestattet sind und daß die drei anderen Spiegel mit Hilfe einer an sich bekannten mechanischen Vorrichtung entlang ihrer Achse parallel zu sich selbst hin- und herbeweglich sind.
3. Laserkreisel nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke des Prismas des am Austritt eines der drei erstgenannten Spiegel angeordneten Mischsystems so bemessen

Lei/Gl

ist, daß einerseits der Durchgang der in einem der Ringwege umlaufenden Bündel mit Reflexion und andererseits der freie Vorbeigang der im anderen, zum ersten Ringweg orthogonalen Ringweg umlaufenden Bündel ermöglicht ist.

4. Laserkreislauf nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß er eine Verstärkeranordnung aufweist, die durch drei Anoden und eine Katode, nämlich eine Anode pro Ringweg und eine den drei Ringwegen gemeinsame Katode, gebildet ist.

3-

3109718

Dipl.-Ing.  
E. Prinz

Dipl.-Chem.  
Dr. G. Hauser

Dipl.-Ing.  
G. Leiser

Ernsbergerstrasse 19  
8 München 60

13. März 1981

Société Française d'Équipements  
pour la Navigation Aérienne (S.F.E.N.A.)

78140 VELIZY VILLACOUBLAY /Frankreich

Unser Zeichen: S 3044

---

Dreiachsiger ringförmiger Laserkreisel

---

Gegenstand der Erfindung ist ein dreiachsiger ringförmiger Laserkreisel.

Es sind einachsige ringförmige Laserkreisel bekannt, die aus N Spiegeln gebildet sind, die so angeordnet sind, daß sie untereinander die gleiche Anzahl von koplanaren Lichtwegstrecken definieren, die in einer geschlossenen Schleife verteilt sind. Der durch die Gesamtheit dieser Lichtwege gebildete Strahlengang soll Ringweg genannt werden.

Die Mehrzahl dieser Laserkreisel mit einer empfindlichen Achse sind Dreispiegel-Ringkreisel mit dreieckigem Lichtweg. Es sind bereits einstückige dreiachsige Kreisel mit drei unabhängigen dreieckigen Ringwegen hergestellt worden, die drei Spiegel pro Lichtweg, also insgesamt neun Spiegel enthielten.

Es gibt auch einachsige Laserkreisel mit vier Spiegeln, deren geschlossener Lichtweg ein Quadrat bildet. Einer der Vorteile von Laser-Ringkreiseln mit vier Spiegeln gegenüber den Laserkreiseln mit drei Spiegeln besteht insbesondere darin, daß sie für den gleichen Maßstabsfaktor einen kleineren Raumbedarf haben.

Ein erstes Ziel der Erfindung ist die Schaffung eines kompakten einstückigen Laserkreisels mit sechs Spiegeln, die drei geschlossene quadratische Strahlengänge oder Ringwege mit koplanaren Lichtwegstrecken definieren, die zueinander orthogonal sind, wobei für jeden der Lichtwege nur vier der sechs Spiegel zum Einsatz kommen und jeder der Spiegel gleichzeitig auf zwei zueinander orthogonalen Ringwegen arbeitet.

Ein zweites Ziel der Erfindung ist die Schaffung einer vereinfachten Verstärkeranordnung für die drei ringförmigen Hohlräume, die drei Anoden, nämlich eine Anode pro Ringweg, und eine den drei Ringwegen gemeinsame Katode aufweist.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung der Zeichnungen, die eine nur als Beispiel angegebene Ausführungsform des kompakten, einstückigen Laserkreisels mit sechs Spiegeln und der Verstärkeranordnung darstellen.

- Figur 1 ist eine schematische Darstellung eines einstückigen dreiachsigen Laserkreisels mit sechs Spiegeln nach der Erfindung.
- Die Figuren 1a und 1b sind eine Vorderansicht bzw. eine Seitenansicht der Spiegel-Prismen-Anordnung M/P der Ecke B.
- Figur 1a ist eine Ansicht in der Ebene BEAC, und Figur 1b ist eine Ansicht der gleichen Spiegel-Prismen-Anordnung in der Ebene AFBD.

Zur Vereinfachung des Verständnisses von Figur 1 ist das Konstruktionsprinzip des reflektierenden Systems (Spiegel) und des optischen Mischers (Prisma) nur für eine der Ecken in näheren Einzelheiten dargestellt, die im betrachteten Fall die mit einem Kreis bezeichnete Ecke B ist.

Jede Ecke weist eine Reflektorvorrichtung oder einen Spiegel M auf, doch sind nur drei davon mit einem optischen Mischer ausgestattet, beispielsweise die Ecken A, C und F oder die Ecken B, D und E.

- Figur 2 ist eine schematische Darstellung einer Ausführungsform einer Verstärkeranordnung, die dadurch gekennzeichnet ist, daß sie eine drei Anoden gemeinsame Katode aufweist, und die bei einem dreiachsigen Kreisel nach der Erfindung verwendbar ist.
- Die Figuren 3, 4 und 5 zeigen die Aufteilung des Verstärkermediums auf jeden der drei zueinander orthogonalen Ringwege, die sich aus der Führung der Plasmen entlang den Kanten des Oktaeders ergibt.
- Figur 6 ist eine schematische Darstellung einer Vorrichtung zur Regelung der Hohlraumlänge, wobei im betrachteten Fall die bei A, C und F angeordneten Spiegel mit Hilfe von piezoelektrischer Keramik in der Richtung ihrer Achsen parallel zu sich selbst verschoben werden. Diese Translation wird mit Hilfe der Zellen  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  gesteuert, welche die Änderungen der Ausgangsleistung der Laserbündel in jedem der drei Ringwege registrieren.

In Fig. 1 erkennt man zwölf Kapillaren oder zwölf Lichtwegstrecken 1 bis 12, die sechs Ecken A, B, C, D, E und F, die zusammen ein vorzugsweise regelmäßiges Oktaeder bilden,

miteinander verbinden. Diese zwölf Kapillaren sind durch einen Block aus Isoliermaterial gebohrt, dessen Ausdehnungskoeffizient praktisch Null ist (ZERODUR).

Die drei Strahlengänge oder Ringwege sind in diesem Fall die zueinander orthogonalen, im wesentlichen quadratischen Vierecke mit folgender Bezeichnung:

- C D E F, gebildet durch die Kanten 1, 2, 3 und 4
- A C B E, gebildet durch die Kanten 5, 6, 7 und 8
- und A D B F, gebildet durch die Kanten 9, 10, 11 und 12.

Der Umlauf der Laserbündel in diesen drei Ringwegen wird durch sechs Spiegel gewährleistet, die an den Ecken B, C, D, E, F, A angeordnet sind, die das regelmäßige Oktaeder bilden.

Die Normalen auf jedem dieser Ringwege bilden die drei empfindlichen Achsen des kompakten Kreisels nach der Erfindung.

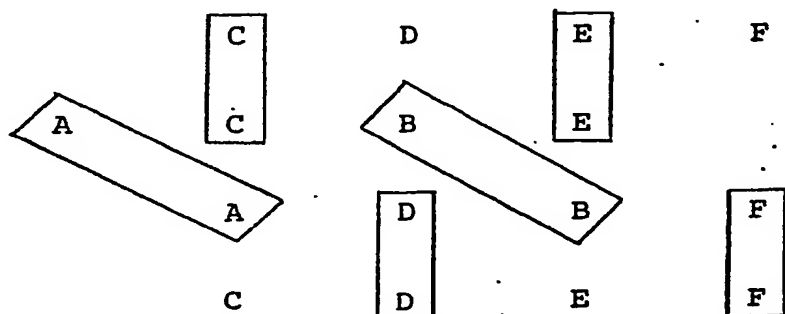
Die Doppelfunktion oder doppelte Arbeit der sechs Spiegel ist in der folgenden Tabelle zusammengefaßt:

1. Ringweg

2. Ringweg

3. Ringweg

4. Ringweg



Unter den sich aus dieser Struktur ergebenden industriellen Vorteilen sind zu bemerken:

- geringer Raumbedarf bei gegebenem Maßstabsfaktor,
- Vereinfachung der Konstruktion,
- Herabsetzung des Gesamtgewichts,
- Anwendbarkeit einer weniger aufwendigen (vereinfachten) Verstärkeranordnung,

zugleich mit der Anpassungsfähigkeit und/oder Kompatibilität mit bekannten Systemen oder Vorrichtungen:

- für die Regelung der Hohlraumlänge,
- für die Abschwächung von Linearitätsfehlern.

Es sollen nun nacheinander die Verstärkeranordnung, die Leseanordnung und die Regelanordnung für die Hohlraumlänge beschrieben werden, die sich aus der Erfindung ergeben.

#### VERSTÄRKERANORDNUNG

Fig. 2 zeigt wieder die Verteilung der optischen Wege von Fig. 1, auf welche in fetten zusammenhängenden oder unterbrochenen Linien folgendes aufgetragen worden ist: Drei Anoden 18, 19 und 20, nämlich eine pro Ringweg, sowie eine einzige Katode 14 mit ihren drei Zweigen 15, 16 und 17, wobei diese Katode den drei Ringwegen gemeinsam ist.

Die Katode 14 steht bei  $I_1$ ,  $I_2$  und  $I_3$  mit drei Kapillaren CD, CB bzw. BD in Verbindung, die in der gleichen Oktaederfläche enthalten sind; dies ist bei dem Beispiel von Fig. 2 die Fläche CDB. Jede Anode 18, 19 und 20 steht bei  $H_1$ ,  $H_2$  bzw.  $H_3$  mit einer der in der entgegengesetzten Fläche AFE enthaltenen Kapillaren AE, AF bzw. FE in Verbindung.



Diese Konfiguration erteilt den drei Plasmen einen gegebenen Vorzugsweg, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

1. Durchmesser der Kapillaren AD, CF, BE größer als der Durchmesser der Kapillaren CD, DE, EF, AF, FB, BD, AC, CB, EA;
2. die Punkte  $I_1$ ,  $I_2$  und  $I_3$  der Verbindung der Katode mit den Kapillaren CD, DB, BC liegen so, daß gilt:

$$I_1D < I_1C$$

$$I_2C < I_2B$$

$$I_3B < I_3D$$

3. die Punkte  $H_1$ ,  $H_2$ ,  $H_3$  der Verbindung der Anoden mit den Kapillaren EA, AF, FE liegen so, daß gilt:

$$H_1A < H_1E$$

$$H_2F < H_2A$$

$$H_3E < H_3F$$

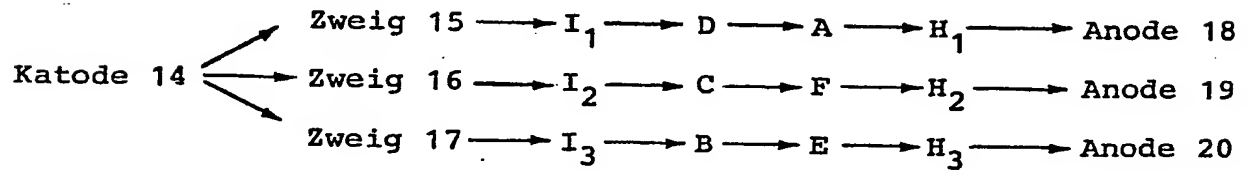
vorzugweise mit:

$$H_1A = H_2F = H_3E = I_1D = I_2C = I_3B$$

und Gleichheit der Durchmesser der Kapillaren:

$$AD = CF = BE ; H_1A = H_2F = H_3E = I_1D = I_2C = I_3B.$$

Unter diesen Bedingungen verläuft der Weg zwischen der Katode 14 und den drei Anoden 18, 19 und 20 wie folgt:



Die aktiven Kapillaren sind in den Figuren 3, 4 und 5 in dicken Linien dargestellt.

Die Pfeile geben die Richtung Katode → Anode an.

Es können auch andere Arten der Erzielung eines Vorzugswegs geringeren Widerstands angewendet werden, ohne daß der Rahmen der Erfindung verlassen wird, beispielsweise:

- Durchmesser der Kapillaren  $I_1D$ ,  $I_2C$ ,  $I_3B$  größer als der Durchmesser der Kapillaren  $I_1C$ ,  $I_2B$ ,  $I_3D$ ,

gleichzeitig mit:

- Durchmesser der Kapillaren  $H_1A$ ,  $H_2F$ ,  $H_3E$  größer als der Durchmesser der Kapillaren  $H_1E$ ,  $H_2A$ ,  $H_3F$ .

In diesem Fall brauchen die Eintrittspunkte  $I_1$ ,  $I_2$  und  $I_3$  und die Austrittspunkte  $H_1$ ,  $H_2$ ,  $H_3$  nicht mehr die zuvor auferlegten Bedingungen zu erfüllen.

Die zuvor beschriebene Konfiguration der drei Plasmen kann auch durch Umkehrung der Anoden-Katoden-Verteilung erhalten werden.

### LESESYSTEM

Bei den einachsigen Gyrometern ordnet man am Austritt eines Spiegels eine bekannte interferometrische Einrichtung zur Mischung der beiden Bündel an, die den beiden Wellen des Laserkreisels entsprechen, damit ein System von parallelen Interferenzstreifen erhalten wird.

Durch den Vorbeigang dieser Interferenzstreifen vor einem Detektor mißt man die Drehung eines Laserkreisels um die senkrecht zur Ebene des Ringwegs liegende Drehachse.

Eine Ausführungsform der optischen Mischvorrichtung bei dem dreiachsigen Kresel gemäß der Erfindung ist in den Figuren 1a und 1b dargestellt, welche die doppelte Arbeitsweise der Spiegel erkennen lassen, wobei ein Spiegel zwei Ringwege steuert.

Die Messung der Drehung um die empfindliche Achse eines Ringwegs wird dadurch erhalten, daß die beiden Bündel, die der einen bzw. der anderen Welle dieses Ringwegs entsprechen, gemischt werden, ohne daß die zum zweiten Ringweg gehörenden Bündel mit denen des ersten Ringwegs interferieren. Dieses Ergebnis wird vorzugsweise dadurch erhalten, daß die Dicke des Prismas so gewählt wird, daß die von der Messung nicht betroffenen Bündel nicht in die optische Mischvorrichtung eintreten.

Die Figuren 1a und 1b lassen erkennen, wie der gleiche Spiegel entlang zwei Ringwegen bzw. in zwei zueinander orthogonalen Ebenen reflektiert.

Am Ausgang des Spiegels B bringt man die beiden Bündel zur Interferenz, die in entgegengesetzten Richtungen im Ringweg BEAC umlaufen (gemäß Fig. 1a), während die Bündel, die in

entgegengesetzten Richtungen im Ringweg AFBD umlaufen aus dem Mischsystem herausgehalten werden, wie in Fig. 1b dargestellt ist.

Drei geeignet gewählte Spiegel erhalten jeweils ein Mischprisma zur Messung der Drehung von jeweils einem der drei Ringwege.

#### REGELANORDNUNG FÜR HOHLRAUMLÄNGE

Die Resonanzbedingung, die die Frequenz der Schwingungen eines ringförmigen Laserbündels bestimmt, setzt voraus, daß die Länge des Ringwegs gleich einer ganzen Zahl von Wellenlängen ist.

Um Längenänderungen, beispielsweise unter Wärmeeinwirkung, auszuschalten, wird im allgemeinen eine Regelung der Hohlraumlänge angewendet. Im Fall von einachsigen dreieckigen Laser-Ringkreisläufen besteht eine häufig angewendete bekannte Maßnahme darin, einem der Spiegel eine Translationsbewegung parallel zur Spiegelachse mit Hilfe einer piezoelektrischen Keramik zu erteilen.

Im Fall eines dreiachsigen Kreisels mit sechs Spiegeln gemäß der Erfindung kann die gleiche Lösung angewendet werden, wobei zu beachten ist, daß ein Spiegel zwei zueinander orthogonale Ringwege steuert.

Fig. 6 ist eine schematische Darstellung einer Anordnung zur Regelung der Hohlraumlänge eines dreiachsigen Laserkreisels mit sechs Spiegeln. Bei dem dargestellten Beispiel sind die mit Verschiebeeinrichtungen ausgestatteten Spiegel die Spiegel, deren Reflexionszentren mit den Ecken A, F und C des Oktaeders zusammenfallen.

Diesen drei Spiegeln, die mit  $M_A$ ,  $M_F$ ,  $M_C$  bezeichnet werden sollen, wird eine Translationsbewegung parallel zu ihrer Normalen entlang den Achsen des Oktaeders bei A, F bzw. C erteilt.

Der Spiegel  $M_A$  steuert die Länge der Ringwege AFBD und ACBE. Der Spiegel  $M_F$  steuert die Länge der Ringwege AFBD und FCDE. Der Spiegel  $M_C$  steuert die Länge der Ringwege ACBE und FCDE.

Hinter jedem der drei Spiegel  $M_B$ ,  $M_D$ ,  $M_E$  ist ein Detektor oder eine Photozelle angeordnet und so ausgerichtet, daß die Austrittsleistung der Laserbündel entlang jedem Ringweg gemessen wird.

In jedem Ringweg ist eine Verstimmung des Hohlraums von einer Verringerung der Leistung des Laserbündels begleitet. In jedem Zeitpunkt wird der die Hohlraumlänge regelnde Spiegel mit Hilfe einer piezoelektrischen Keramik nach einem an sich bekannten Verfahren so verschoben, daß eine Abstimmung auf das Leistungsmaximum des Laserbündels erfolgt.

Jede Zelle steuert die drei Regelanordnungen. Es sei in einem gegebenen Zeitpunkt:

- $\epsilon_1$  die vorzunehmende Verschiebung zur Abstimmung im Ringweg AFBD
- $\epsilon_2$  die vorzunehmende Verschiebung zur Abstimmung im Ringweg ACBE
- $\epsilon_3$  die vorzunehmende Verschiebung zur Abstimmung im Ringweg FCDE.

Diese von den Zellen gelieferten Informationen wirken über die zuvor erwähnte piezoelektrische Keramik dauernd auf die Verschiebung der Spiegel ein.

Für den Strahlengang AFBD erfolgt die Korrektur im gegebenen Zeitpunkt dadurch, daß die Spiegel  $M_A$  und  $M_F$  um  $\epsilon_1/2$  und der Spiegel  $M_C$  um  $-\epsilon_1/2$  verschoben werden.

Für den Strahlengang ACBE erfolgt die Korrektur durch Verschiebung der Spiegel  $M_A$  und  $M_C$  um  $\epsilon_2/2$  und des Spiegels  $M_F$  um  $-\epsilon_2/2$ .

Für den Strahlengang FCDE erfolgt die Korrektur durch Verschiebung der Spiegel  $M_F$  und  $M_C$  um  $\epsilon_3/2$  und des Spiegels  $M_A$  um  $-\epsilon_3/2$ .

Es sei noch kurz an einige bekannte Maßnahmen zur Abschwächung der Linearitätsfehler erinnert, die mit dem dreiachsigen Laserkreisel nach der Erfindung kompatibel sind.

Das allgemein bekannte Prinzip der Linearisierung durch periodische Auslenkung ermöglicht die Korrektur des Fehlers, der sich aus der Kopplung der beiden Laserbündel ergibt, die sich in entgegengesetzten Richtungen in einem Ringweg drehen. Eine der bei einachsigen Laserkreisel bekannten Maßnahmen besteht darin, den Kreisel um eine Gerade oszillieren zu lassen, vorausgesetzt, daß diese Gerade nicht parallel zu der durch den Ringweg definierten Ebene ist, beispielsweise um eine zur empfindlichen Achse parallele Gerade.

Im Fall des dreiachsigen Laserkreisels mit sechs Spiegeln nach der Erfindung wird dieses Prinzip dadurch angewendet, daß man den ganzen Block um eine Gerade oszillieren läßt, die zu den durch die drei Ringwege definierten Ebenen nicht parallel ist, beispielsweise um eine Gerade, die zu einer der Winkeldrittelnden eines der von den drei Ringwegen gebildeten Trieder parallel ist.

Eine andere Maßnahme besteht in der Anwendung des in der französischen Patentschrift 7800871 aus dem Jahr 1978 beschriebenen Verfahrens, indem man mehrere Spiegel oszillieren läßt, wobei die Drehachse jedes der Spiegel vorzugsweise möglichst nahe bei der Senkrechten auf den betreffenden Spiegel liegt.

Im Fall des dreiachsigen Kreisels mit sechs Spiegeln gemäß der Erfindung ist die Resultierende der Oszillationen der auf diese Weise aktivierten Spiegel eine Oszillation um eine Gerade, die zu den durch die drei Ringwege definierten Ebenen nicht parallel ist, beispielsweise um eine der Winkeldrittelnden eines der durch die drei Ringwege definierten Trieder.

Nummer:  
Int. Cl.<sup>3</sup>:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

3109718  
G01C 19/64  
13. März 1981  
9. Juni 1983

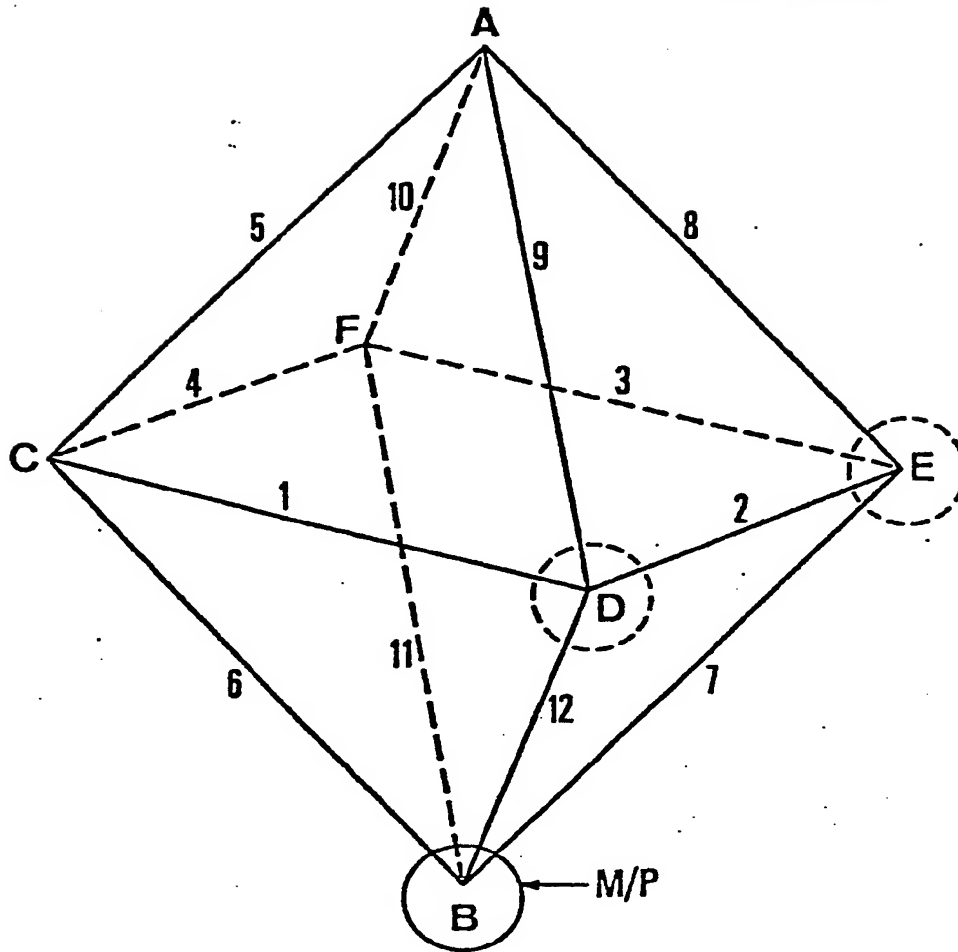


Fig. 1

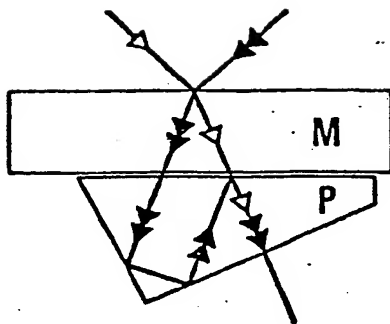


Fig. 1a

Ebene BEAC von Fig. 1.

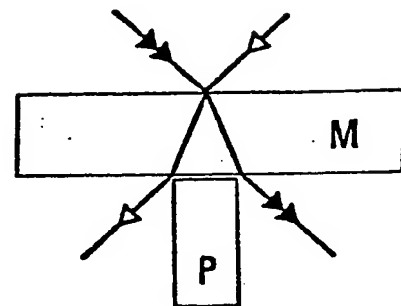


Fig. 1b

Ebene AFBD von Fig. 1

Patentanmeldung vom 13. März 1981  
Société Française d'Équipements ..



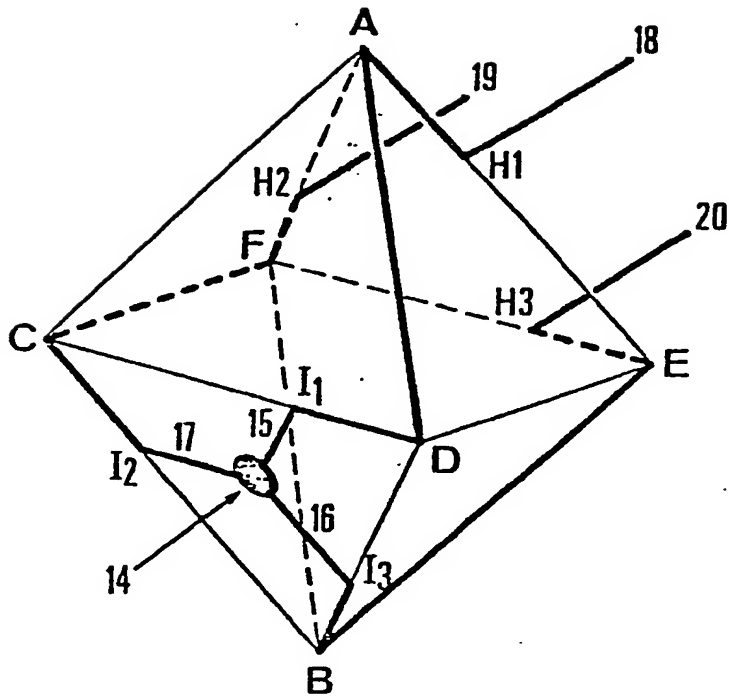


Fig. 2

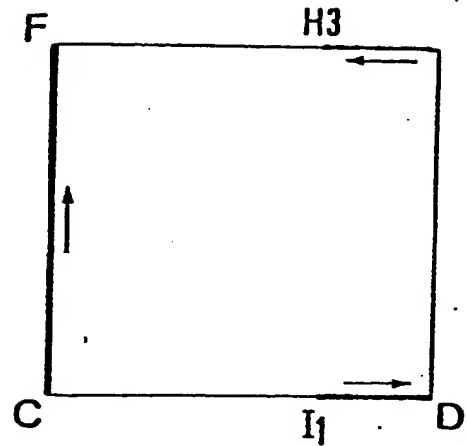


Fig. 3

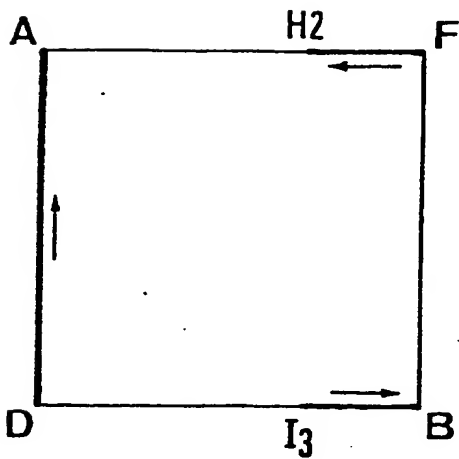


Fig. 4

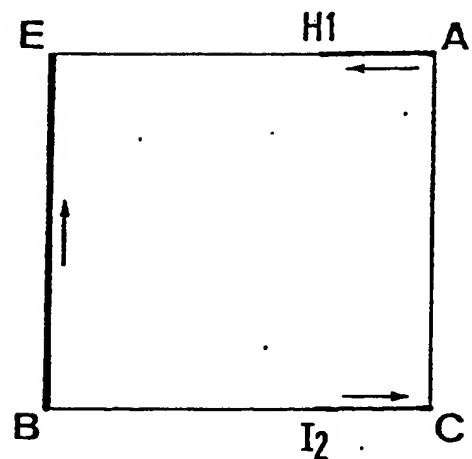


Fig. 5

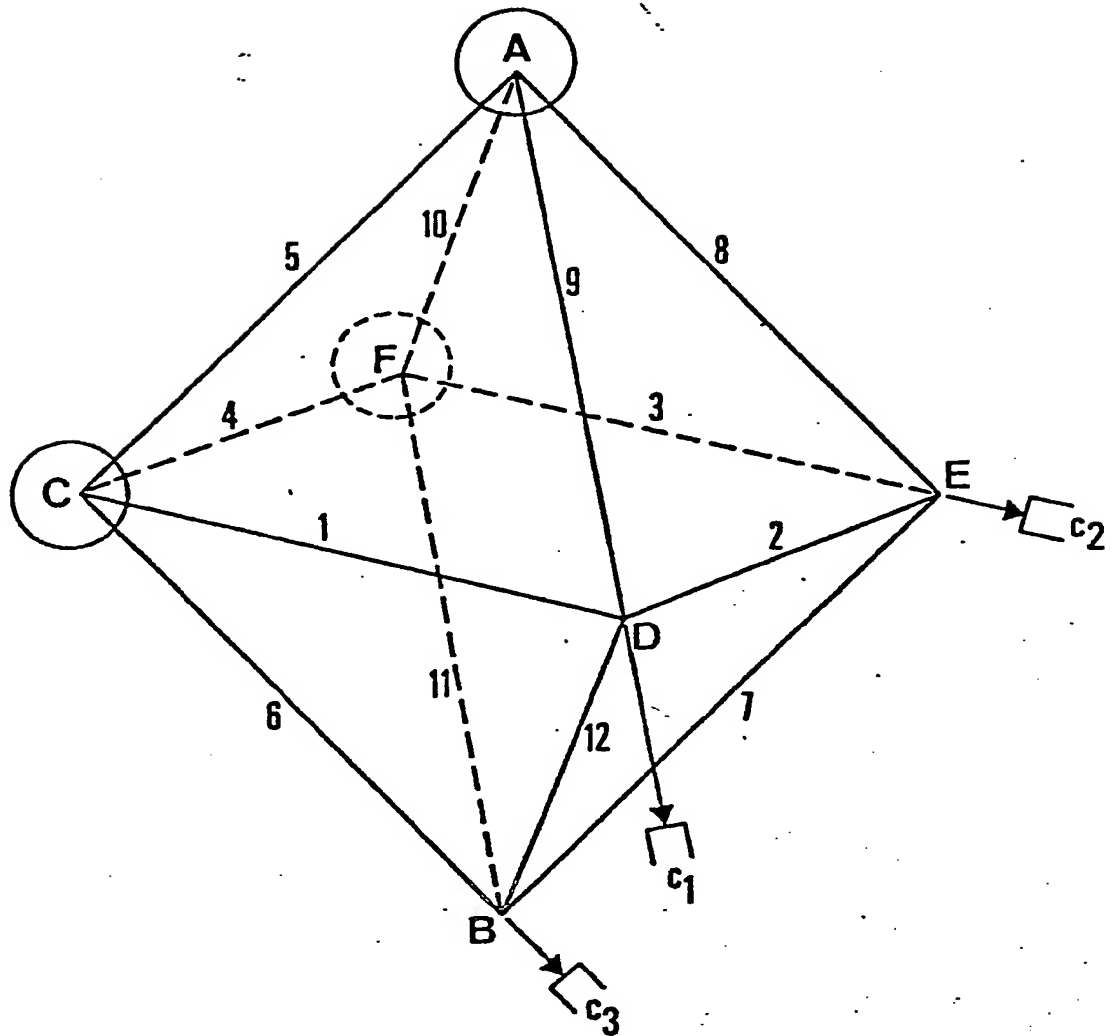


Fig. 6

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: \_\_\_\_\_**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**